

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5327960号
(P5327960)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl. F I
 H O 4 L 27/20 (2006.01) H O 4 L 27/20
 H O 4 L 27/22 (2006.01) H O 4 L 27/22

請求項の数 8 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-55963 (P2009-55963) (22) 出願日 平成21年3月10日 (2009.3.10) (65) 公開番号 特開2010-212926 (P2010-212926A) (43) 公開日 平成22年9月24日 (2010.9.24) 審査請求日 平成24年3月9日 (2012.3.9)</p> <p>特許法第30条第2項適用 平成20年11月11日、 超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム論文委員会発行の「第29回 超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム 講演論文集」に発表</p>	<p>(73) 特許権者 504171134 国立大学法人 筑波大学 茨城県つくば市天王台一丁目1番1</p> <p>(74) 代理人 100101856 弁理士 赤澤 日出夫</p> <p>(72) 発明者 水谷 孝一 茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立 大学法人筑波大学内</p> <p>(72) 発明者 海老原 格 茨城県つくば市天王台一丁目1番1 国立 大学法人筑波大学内</p> <p>審査官 彦田 克文</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	---

(54) 【発明の名称】 変調装置、復調装置、通信システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

通信のための変調を行う変調装置であって、
 データを取得してシンボル値に変換する変換部と、
 前記変換部により変換された前記シンボル値により搬送波を位相変調して第1信号を生成する第1信号生成部と、
 前記搬送波と異なる周波数を有する第2信号を生成する第2信号生成部と、
 前記変換部により変換された前記シンボル値毎に、所定の時間長の第1期間と前記通信の系のインパルス応答の時間長に基づく第2期間とを設定し、前記第1期間中に前記第1信号生成部により生成された前記第1信号を出力し、前記第2期間中に前記第2信号生成部により生成された前記第2信号を出力する出力部と
 を備える変調装置。

【請求項2】

前記第2信号は、DC信号である、
 請求項1に記載の変調装置。

【請求項3】

前記第2信号生成部は、前記シンボル値に基づいて第2信号の周波数を決定する、
 請求項1に記載の変調装置。

【請求項4】

前記第2信号生成部は、現在のシンボル値が直前のシンボル値と等しい場合の前記第2

信号の周波数が、現在のシンボル値が直前のシンボル値と異なる場合の前記第 2 信号の周波数より小さくなるように、前記第 2 信号の周波数を決定する、

請求項 3 に記載の変調装置。

【請求項 5】

更に、

前記出力部の出力を無線送信する送信部を備え、

前記通信の系は、前記送信部を含む、

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の変調装置。

【請求項 6】

変調装置から出力された信号を通信路を経て受信しかつ復調を行う復調装置であって、
前記変調装置は、データを取得してシンボル値に変換し、前記シンボル値により搬送波を位相変調して第 1 信号を生成し、前記搬送波と異なる周波数を有する第 2 信号を生成し、前記シンボル値毎に、所定の時間長の第 1 期間と前記通信路のインパルス応答の時間長に基づく時間長の第 2 期間とを設定し、前記第 1 期間中に前記第 1 信号を前記信号として前記通信路に出力し、かつ前記第 2 期間中には前記第 2 信号を信号として通信路に出力するものであり、

10

前記復調装置は、前記シンボル周期毎に、前記第 1 期間に対応して前記搬送波を出力し、前記第 2 期間に対応して前記搬送波と異なる周波数を有する第 3 信号を出力する参照信号生成部と、

前記通信路を介して受信された前記変調装置の出力信号と前記参照信号生成部の出力とを乗算する乗算部と

20

を備える復調装置。

【請求項 7】

前記復調装置は、更に、前記変調装置の出力信号を前記通信路を介して受信する無線受信部を備え、

前記通信路は、前記無線受信部を含む、

請求項 6 に記載の復調装置。

【請求項 8】

位相変調を用いてデータを伝送する通信システムであって、

データを取得して所定のシンボル周期毎にシンボル値に変換する変換部と、

30

前記変換部により変換された前記シンボル値により搬送波を位相変調して第 1 信号を生成する第 1 信号生成部と、

前記第 1 信号と異なる第 2 信号を生成する第 2 信号生成部と、

シンボル周期毎に、前記シンボル周期より短い第 1 期間において前記第 1 信号生成部により生成された前記第 1 信号を出力し、前記シンボル周期から前記第 1 期間を除いた残りの期間である第 2 期間において前記第 2 信号生成部により生成された前記第 2 信号を出力する出力部と、

前記出力部の出力を信号として送信する送信部と、

前記送信部により送信された信号を受信する受信部と、

前記シンボル周期毎に、前記第 1 期間において前記搬送波を出力し、前記第 2 期間において前記搬送波と異なる第 3 信号を出力する搬送波生成部と、

40

前記変調装置の出力と前記搬送波生成部の出力とを乗算する乗算部と

を備える通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位相変調を用いる無線通信のための変調装置、復調装置、無線通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

50

デジタル変復調技術として、振幅偏移変調 (ASK; Amplitude Shift Keying)、周波数偏移変調 (FSK; Frequency Shift Keying)、位相偏移変調 (PSK; Phase Shift Keying)、直交振幅変調 (QAM; Quadrature Amplitude Modulation) 等が知られている (例えば、非特許文献 1、非特許文献 2 参照)。

【0003】

上述したデジタル変復調技術は、「0」及び「1」からなるバイナリデータ系列を、基準信号 (搬送波) における振幅、周波数、位相のいずれかを変化させることによって変調して変調信号とするものである。PSKは、ASK、FSKと比較して優れた性能を有することが確かめられている。

【0004】

一般的な無線通信において、受信装置により無線信号から変換された電気信号は、変調信号と無線通信路のインパルス応答との畳み込みの形で記述される。ここでの無線通信路は、送信装置において電気信号を無線信号へ変換する送信素子と、伝搬路と、受信装置において無線信号を電気信号へ変換する受信素子とを含む。

【0005】

無線通信のうち、音響通信は、送信素子及び受信素子に質量を有する振動子 (それぞれ電気 - 機械エネルギー変換素子、機械 - 電気エネルギー変換素子) を用いる。そのため、音響通信と電波通信において、無線通信路のインパルス応答の時間長を比較すると、音響通信の値は電波通信の値より大きい。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献 1】S. Haykin: Communication Systems (Wiley, New York, 2001) p. 417.

【非特許文献 2】A. Burr: Modulation and Coding for Wireless Communications (Prentice-Hall, New York, 2001) p. 36.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

搬送波の位相を急激に変化させる PSK 及び QAM を用いる場合、インパルス応答の時間長が長い素子 (例えばメカニカル Q 値が大きい圧電セラミック等の振動子、重量が無視できない振動子) を用いる無線通信路を通過した電気信号は、大きく歪むという問題がある。

【0008】

本発明は上述した問題点を解決するためになされたものであり、無線通信路に起因する歪みを軽減する変調装置、復調装置、無線通信システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述した課題を解決するため、本発明の一態様は、無線通信のための変調を行う変調装置であって、データを取得してシンボル値に変換する変換部と、変換部により変換されたシンボル値により搬送波を位相変調して第 1 信号を生成する第 1 信号生成部と、搬送波と異なる周波数を有する第 2 信号を生成する第 2 信号生成部と、変換部により変換されたシンボル値毎に、所定の時間長の第 1 期間と無線通信の系のインパルス応答の時間長に基づく第 2 期間とを設定し、第 1 期間中に第 1 信号生成部により生成された第 1 信号を出力し、第 2 期間中に第 2 信号生成部により生成された第 2 信号を出力する出力部とを有する。

【0010】

また、本発明の一態様は、変調装置により変調されて無線通信を経て受信された信号の復調を行う復調装置であって、変調装置が、データを取得してシンボル値に変換し、シンボル値により搬送波を位相変調して第 1 信号を生成し、搬送波と異なる周波数を有する第 2 信号を生成し、シンボル値毎に、所定の時間長の第 1 期間と無線通信の系のインパルス応答の時間長に基づく時間長の第 2 期間とを設定し、第 1 期間中に第 1 信号を出力すると

10

20

30

40

50

共に第 2 期間中に第 2 信号を出力し、シンボル周期毎に、第 1 期間に対応して搬送波を出力し、第 2 期間に対応して搬送波と異なる周波数を有する第 3 信号を出力する参照信号生成部と、変調装置の出力と参照信号生成部の出力とを乗算する乗算部とを有する。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の一態様は、位相変調を用いてデータを伝送する無線通信システムであって、データを取得して所定のシンボル周期毎にシンボル値に変換する変換部と、変換部により変換されたシンボル値により搬送波を位相変調して第 1 信号を生成する第 1 信号生成部と、第 1 信号と異なる第 2 信号を生成する第 2 信号生成部と、シンボル周期毎に、シンボル周期より短い第 1 期間において第 1 信号生成部により生成された第 1 信号を出力し、シンボル周期から第 1 期間を除いた残りの期間である第 2 期間において第 2 信号生成部により生成された第 2 信号を出力する出力部と、出力部の出力を無線信号として送信する送信部と、送信部により送信された無線信号を受信する受信部と、シンボル周期毎に、第 1 期間において搬送波を出力し、第 2 期間において搬送波と異なる第 3 信号を出力する搬送波生成部と、変調装置の出力と搬送波生成部の出力とを乗算する乗算部とを有する。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、無線通信路に起因する歪みを軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】実施の形態 1 における音響通信システムの構成の一例を示すブロック図である。

20

【図 2】実施の形態 1 における変調装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図 3】復調装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図 4】比較例における変調装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図 5】比較例における復調装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図 6】送信ベースバンド信号の波形を示す波形図である。

【図 7】比較例における信号の波形を示す波形図である。

【図 8】実施の形態 1 における信号の波形を示す波形図である。

【図 9】実施の形態 2 における音響通信システムの構成の一例を示すブロック図である。

【図 10】実施の形態 2 における変調装置の構成の一例を示すブロック図である。

【図 11】実施の形態 2 における信号の波形を示す波形図である。

30

【図 12】実験システムの構成の一例を示すブロック図である。

【図 13】実験システムにおける無線通信路のインパルス応答の測定結果を示す波形図である。

【図 14】実験システムにおける変調信号波形を示す波形図である。

【図 15】実験システムによる B E R 対 S N R の測定結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 1 5 】

以下、本発明を適用した音響通信システムの例について説明する。ここでの音響通信システムは、B P S K (Bi-Phase Shift Keying) を用い、1 シンボルで 1 ビットの情報を伝達する。

40

【 0 0 1 6 】

< 実施の形態 1 >

実施の形態 1 における音響通信システムの構成について以下に説明する。

【 0 0 1 7 】

図 1 は、実施の形態 1 における音響通信システムの構成の一例を示すブロック図である。この音響通信システムは、変調装置 1 a、振動子 2 1、振動子 4 1、復調装置 2 a、情報処理装置 4 a、4 b を有する。情報処理装置 4 a から出力されたバイナリビット系列は、変調装置 1 a により変調され、振動子 2 1 により音波信号に変換され、媒体中の伝搬路

50

3へ出力される。次に、伝搬路3を介して振動子21から振動子41へ伝搬した音波信号は、振動子41により電気信号に変換され、復調装置2aにより復調されてバイナリビット系列として情報処理装置4bへ出力される。変調装置1a、振動子21は、送信装置を構成する。振動子41、復調装置2aは、受信装置を構成する。

【0018】

図2は、実施の形態1における変調装置1aの構成の一例を示すブロック図である。変調装置1aは、バイポーラコンパレータ11 (Bipolar Comparator)、搬送波周波数生成器12 (Carrier Frequency Oscillator)、ミキサ13 (Mixer)、バッファシグナル周波数生成器14、マルチプレクサ15 (Multiplexer)を有する。

【0019】

図3は、復調装置2aの構成の一例を示すブロック図である。復調装置2aは、搬送波周波数生成器42 (Carrier Frequency Oscillator)、ミキサ43、参照電圧源44 (Reference Potential)、マルチプレクサ45 (Multiplexer)、LPF46 (Low-Pass Filter)、データ判定部48 (Data Decision)を有する。

【0020】

変調装置1aの動作について以下に説明する。

【0021】

バイポーラコンパレータ11は、情報処理装置4aから入力されたバイナリビット系列の「0」、「1」をそれぞれ「-1」、「1」に変換して送信ベースバンド信号とする。

【0022】

ここで、変調装置1aと復調装置2aの間の同期のための信号を生成する同期信号生成部を設けても良い。例えば、同期信号生成部は、バイポーラコンパレータ11出力のデータの間に同期のための基準信号を付加する処理を行う。あるいは、変調装置1aは、同期信号生成部の代わりにDPSK (Differential Phase Shift Keying: 差動位相偏移変調)変調を行う機能を有しても良い。

【0023】

搬送波周波数生成器12は、搬送波として、振幅A、周波数 f_c の正弦波を生成する。ミキサ13は、バイポーラコンパレータ11出力と搬送波周波数生成器12出力とを乗算することにより、BPSK信号を生成する。

【0024】

バッファシグナル周波数生成器14は、現在のシンボル値と直前のシンボル値との比較を行い、比較結果に基づいて周波数 f_b を決定する。例えば、バッファシグナル周波数生成器14は、現在のシンボル値が直前のシンボル値と等しい場合、 f_b を $1/T$ に設定し、現在のシンボル値が直前のシンボル値と異なる場合、 f_b を $2/T$ に設定する。

【0025】

バッファシグナル周波数生成器14は、BS (Buffer Signal)として、振幅B、周波数 f_b の正弦波を生成する。ここで、シンボルタイムをT、ガードタイムを T_g 、無線通信路のインパルス応答継続時間をIとする。Iと所定の係数Kを用いて、 $T_g = K \cdot I$ とする。Kは1の近傍とする。即ち、 T_g は、Iの近傍とする。インパルス応答継続時間Iは、インパルス応答のピークレベルから-60dBになるまでの時間である。

【0026】

マルチプレクサ15は、シンボルタイミングに従って、2つの入力の切り替えを行って変調信号を出力する。ここで、マルチプレクサ15は、まず時間長Tの第1期間中に、ミキサ13出力を選択して出力し、次に時間長 T_g の第2期間中に、バッファシグナル周波数生成器14出力を選択して出力し、更にこの動作を繰り返す。

【0027】

振動子21は、マルチプレクサ15出力である変調信号を音波信号(無線信号)に変換して伝搬路3へ出力する。

【0028】

ここで、時刻をt、シンボル値を $m(t)$ 、信号振幅をA、B、ガードタイム長をT

10

20

30

40

50

、変調信号を $s(t)$ とする。ここでの無線通信路は、振動子 2 1、伝搬路 3、振動子 4 1 を有する。実施の形態 1 における変調信号 $s(t)$ は、次式 (1) で表される。

【0029】

【数 1】

$$S(t) = Am(t)\sin 2\pi f_c t \Big|_{0 \leq t \leq T} + B \sin 2\pi f_b t \Big|_{-\Delta T \leq t \leq 0} \quad (1)$$

【0030】

復調装置 2 a の動作について以下に説明する。

【0031】

振動子 4 1 は、振動子 2 1 から送信され伝搬路 3 を伝搬した音波信号を受信して電気信号に変換する。 10

【0032】

搬送波周波数生成器 4 2 は、搬送波周波数生成器 1 2 と同様、搬送波として、振幅 A、周波数 f_c の正弦波を生成する。参照電圧源 4 4 は、搬送波周波数生成器 4 2 出力の DC レベルと等しい電圧を出力する。

【0033】

変調装置 1 a と復調装置 2 a の間の同期のために同期部を設けても良い。例えば、同期部は、振動子 4 1 の出力から基準信号を検出してシンボルタイミングを生成する。或いは、変調装置 1 b が上述の DPSK 変調を用いる場合、同期部は、DPSK 復調を行う。

【0034】

マルチプレクサ 4 5 は、シンボルタイミングに従って、2 つの入力の切り替えを行う。ここで、マルチプレクサ 4 5 は、まず第 1 期間に対応する時間長 T の期間中に、搬送波周波数生成器 4 2 出力を選択して出力し、次に第 2 期間に対応する時間長 T の期間中に、参照電圧源 4 4 出力を選択して出力し、更にこの動作を繰り返す。 20

【0035】

ミキサ 4 3 は、振動子 4 1 出力とマルチプレクサ 4 5 出力とを乗算する。LPF 4 6 は、ミキサ 4 3 出力の高周波成分を除去し、ミキサ 4 3 出力のベースバンド成分を通過させて復調信号とする。データ判定部 4 8 は、シンボルタイミングに従って復調信号からデータを判定して復調データとし、復調データを情報処理装置 4 b へ出力する。

【0036】

ミキサ 1 3, 4 3 は、二重平衡変調器 (Double Balanced Mixer) により実現される。 30

【0037】

上述した実施の形態 1 の変復調方式を以下では BS 方式と呼ぶ。

【0038】

実施の形態 1 の音響通信システム内の波形について、比較例の音響通信システムと比較しながら説明する。

【0039】

比較例の音響通信システムは、変調装置 1 x と復調装置 2 x を有する。

【0040】

図 4 は、比較例における変調装置 1 x の構成の一例を示すブロック図である。この図において、変調装置 1 a の構成と同一符号は変調装置 1 a の構成に示された対象と同一又は相当物を示しており、ここでの説明を省略する。変調装置 1 a と比較すると、変調装置 1 x は、パルファシグナル周波数生成器 1 4、マルチプレクサ 1 5 を持たない。 40

【0041】

図 5 は、比較例における復調装置 2 x の構成の一例を示すブロック図である。この図において、復調装置 2 x の構成と同一符号は復調装置 2 a の構成に示された対象と同一又は相当物を示しており、ここでの説明を省略する。復調装置 2 a と比較すると、復調装置 2 x は、参照電圧源 4 4、マルチプレクサ 4 5 を持たない。

【0042】

以下の波形図において、横軸は、時間を示し、縦軸は、絶対値の最大値を 1 とする相対 50

振幅を示す。図 6 は、送信ベースバンド信号の波形を示す波形図である。この送信ベースバンド信号 a 0 は、バイポーラコンパレータ 1 1 出力に対応する。バイポーラコンパレータ 1 1 は、入力されたデータ値「0」及び「1」に対応してそれぞれシンボル値「1」及び「-1」を出力する。

【0043】

図 7 は、比較例における信号の波形を示す波形図である。この図は、上から順に波形 b 1 , c 1 , d 1 , e 1 を示す。波形 b 1 は、比較例の B P S K における変調信号を示す。波形 c 1 は、比較例の B P S K における理想的な受信信号（変調信号）を示す。波形 d 1 は、比較例の B P S K における実際の受信信号（変調信号に無線通信系のインパルス応答が重畳された信号）を示す。波形 e 1 は、比較例の B P S K における理想的な復調信号（理想的な受信信号が復調された信号）を示す。波形 e 1 は、比較例の B P S K における実際の復調信号（実際の受信信号が復調された信号）を示す。理想的な波形 d 1 と比較すると、実際の波形 e 1 は、振幅の変動が大きい。

10

【0044】

図 8 は、実施の形態 1 における信号の波形を示す波形図である。この図は、上から順に波形 b 2 , c 2 , d 2 , e 2 を示す。波形 b 2 は、実施の形態 1 の B S 方式における理想的な受信信号を示す。波形 c 2 は、実施の形態 1 の B S 方式における実際の受信信号を示す。波形 d 2 は、実施の形態 1 の B S 方式における理想的な復調信号を示す。波形 e 2 は、実施の形態 1 の B S 方式における受信信号が復調されたベースバンド信号を示す。比較例における実際の復調信号の波形 e 1 と比較すると、実施の形態 1 における実際の復調信号の波形 e 2 は、振幅の変動が小さい。

20

【0045】

<実施の形態 2 >

実施の形態 2 における音響通信システムの構成について以下に説明する。

【0046】

図 9 は、実施の形態 2 における音響通信システムの構成の一例を示すブロック図である。この図において、図 1 の構成と同一符号は図 1 の構成に示された対象と同一又は相当物を示しており、ここでの説明を省略する。実施の形態 1 における音響通信システムと比較すると、実施の形態 2 における音響通信システムは、変調装置 1 a の代わりに変調装置 1 b を有する。

30

【0047】

変調装置 1 b の構成について以下に説明する。

【0048】

図 10 は、実施の形態 2 における変調装置 1 b の構成の一例を示すブロック図である。この図において、変調装置 1 a の構成と同一符号は変調装置 1 a の構成に示された対象と同一又は相当物を示しており、ここでの説明を省略する。変調装置 1 a と比較すると、変調装置 1 b は、バッファシグナル周波数生成器 1 4 の代わりに参照電圧源 1 7 を有する。バッファシグナル周波数生成器 1 4 と比較すると、参照電圧源 1 7 は、0 レベルの D C 電圧を出力する。

【0049】

マルチプレクサ 1 5 は、シンボルタイミングに従って、2 つの入力の切り替えを行って変調信号を出力する。ここで、マルチプレクサ 1 5 は、まず時間長 T の第 1 期間中に、ミキサ 1 3 出力を選択して出力し、次に時間長 T の第 2 期間中に、参照電圧源 1 7 出力を選択して出力し、更にこの動作を繰り返す。マルチプレクサ 1 5 のうち、参照電圧源 1 7 出力が選択されている期間の信号を G T (Guard Time) とする。

40

【0050】

実施の形態 2 における変調信号 s (t) は、次式 (2) で表される。

【0051】

【数 2】

$$S(t) = Am(t) \sin 2\pi f_c t \Big|_{0 \leq t \leq T} + 0 \Big|_{-AT \leq t \leq 0} \quad (2)$$

【0052】

この式は、式(1)において、 $B = 0$ としたものである。

【0053】

復調装置 2 a は、実施の形態 1 と同様にして、変調装置 1 b から受信した信号を復調する。

【0054】

上述した実施の形態 2 の変復調方式を以下では G T 方式と呼ぶ。

10

【0055】

音響通信システム内の波形について、比較例と比較しながら説明する。

【0056】

図 1 1 は、実施の形態 2 における信号の波形を示す波形図である。この図は、上から順に波形 b 3 , c 3 , d 3 , e 3 を示す。波形 b 3 は、実施の形態 2 の G T 方式における理想的な受信信号を示す。波形 c 3 は、実施の形態 2 の G T 方式における実際の受信信号を示す。波形 d 3 は、実施の形態 2 の G T 方式における理想的な復調信号を示す。波形 e 3 は、実施の形態 2 の G T 方式における実際の復調信号を示す。比較例における実際の復調信号の波形 e 1 と比較すると、実施の形態 2 における実際の復調信号の波形 e 3 は、振幅の変動が小さい。

20

【0057】

B S 方式及び G T 方式の実験例について説明する。

【0058】

図 1 2 は、実験システムの構成の一例を示すブロック図である。この評価システムは、P C 6 1、D A C (Digital Analog Converter) 6 2、増幅器 6 3、スピーカ 6 4 (S P)、マイク 6 6 (M I C)、増幅器 6 7、A D C (Analog Digital Converter) 6 8 を有する。

【0059】

スピーカ 6 4 は、振動子 2 1 に対応する。マイク 6 6 は、振動子 4 1 に対応する。P C 6 1 は、C P U 及び記憶装置を有し、記憶装置に格納された計測制御ソフトウェアを実行することにより、情報処理装置 4 a、変調装置 1 a , 1 b , 1 x、復調装置 2 a , 2 x、情報処理装置 4 b の機能を実現する。

30

【0060】

本発明を適用しない B P S K の評価において、P C 6 1 は、変調装置 1 x、復調装置 2 x の機能を実現する。B S 方式を適用した B P S K の評価において、P C 6 1 は、変調装置 1 a、復調装置 2 a の機能を実現する。G T 方式を適用した B P S K の評価において、P C 6 1 は、変調装置 1 b、復調装置 2 a の機能を実現する。

【0061】

更に、P C 6 1 は、増幅器 6 7 の出力に W G N (White Gaussian Noise) を加算して A W G N (Additive White Gaussian Noise) 通信路を実現し、B E R (Bit Error Rate) 対 S N R (Signal to Noise Ratio) の測定を行う。

40

【0062】

ここで、搬送波周波数 $f_c = 200 \text{ Hz}$ 、シンボルタイム $T = 5 \text{ ms}$ 、スピーカ 6 4 とマイク 6 6 の間の距離 $L = 1.8 \text{ m}$ とする。

【0063】

この実験システムの無線通信路は、スピーカ 6 4、空間 6 5、マイク 6 6 を有する。図 1 3 は、実験システムにおける無線通信路のインパルス応答の測定結果を示す波形図である。この図において、横軸は時間を示し、縦軸はピークレベルを 1 とする相対振幅を示す。ここで、インパルス応答継続時間 $I = 1 \text{ ms}$ である。インパルス応答による通信性能への影響を防ぐために $K = 1.25$ とすると、ガードタイム $T = 1.25 \text{ ms}$ である。

50

【 0 0 6 4 】

図 1 4 は、実験システムにおける変調信号波形を示す波形図である。この図において、(g 1) は、本発明を適用しない B P S K の変調信号を示し、(g 2) は、G T 方式を適用した B P S K の変調信号を示し、(g 3) は、B S 方式を適用した B P S K の変調信号を示す。この図の(g 1)、(g 2)、(g 3)において、横軸は時間を示し、縦軸は絶対値の最大値を 1 とする相対振幅を示す。上述したように、シンボルタイム $T = 5 \text{ ms}$ 、ガードタイム $T = 1.25 \text{ ms}$ である。(g 2)、(g 3) に示すように、G T 方式及び B S 方式においては、各シンボルタイム間にガードタイムが挿入される。(g 2) に示すように G T 方式のガードタイムにおける変調信号は、0 レベルの D C 信号である。(g 3) に示すように B S 方式のガードタイムにおける変調信号は、シンボルタイムにおける搬送波周波数と異なる周波数且つ直前と現在のシンボル値に基づく周波数を有する正弦波(パフアシグナル)である。

10

【 0 0 6 5 】

この実験システムは、P C 6 1 内に変調装置と復調装置の機能を有するため、完全に同期を取ることができる。

【 0 0 6 6 】

図 1 5 は、実験システムによる B E R 対 S N R の測定結果を示す図である。この図において、横軸は S N R [d B] を示し、縦軸は B E R を示す。また、この図は、B E R 対 S N R の計算値 $f 1$ 、B E R 対 S N R の測定値 $f 2$ 、 $f 3$ 、 $f 4$ を示す。ここで、 $f 1$ は、理想的な B P S K の B E R 対 S N R の計算値を示す。 $f 2$ は、本発明を適用しない B P S K を用いる実験システムの B E R 対 S N R の測定値を示す。 $f 3$ は、G T 方式を適用した B P S K を用いる実験システムの B E R 対 S N R の測定値を示す。 $f 4$ は、B S 方式を適用した B P S K を用いる実験システムの B E R 対 S N R の測定値を示す。本発明の変復調方式を適用しない測定値 $f 2$ と比較すると、本発明の変復調方式を適用した測定値 $f 3$ 及び $f 4$ は、理想的な計算値 $f 1$ に近づく。

20

【 0 0 6 7 】

本発明を適用しない従来の無線通信システムにおいて、無線通信路のインパルス応答の影響を軽減するためにシンボルタイムを長くすると、通信速度は低下する。一方、本発明を適用した無線通信システムによれば、通信速度を著しく低下させることなく、インパルス応答の影響を軽減することができる。

30

【 0 0 6 8 】

上述した各実施の形態の無線通信システムによれば、無線通信路から出力される信号の歪みが小さくなることにより、外部雑音などの外乱に対する対雑音性能が向上する。

【 0 0 6 9 】

P S K を用いる従来の無線通信システムの性能は、理想的な P S K の性能に比べて大きく劣る。性能とは、例えば B E R 対 S N R である。上述の実施の形態の変復調方式を無線通信システムに適用することにより、無線通信システムの性能を改善することができる。

【 0 0 7 0 】

上述の実施の形態における音響通信システムは、B P S K の代わりに、P S K、Q A M を用いることができる。

40

【 0 0 7 1 】

上述の実施の形態において、搬送波周波数 f_c は、可聴周波数帯域に限らない。

【 0 0 7 2 】

本発明は、音波に限らず、電波、光等を用いる無線通信システムに適用することができる。

【 0 0 7 3 】

変換部は、実施の形態におけるパイポーラコンパレータ 1 1 に対応する。第 1 信号生成部は、実施の形態における搬送波周波数生成器 1 2 及びミキサ 1 3 に対応する。第 2 信号生成部は、実施の形態におけるパフアシグナル周波数生成器 1 4 又は参照電圧源 1 7 に対応する。出力部は、実施の形態におけるマルチプレクサ 1 5 に対応する。参照信号生成

50

部は、実施の形態における参照電圧源 4 4 に対応する。乗算部は、実施の形態におけるミキサ 4 3 に対応する。

【 0 0 7 4 】

無線送信部は、実施の形態における振動子 2 1 に対応する。無線受信部は、実施の形態における振動子 4 1 に対応する。

【 0 0 7 5 】

本発明は、その精神または主要な特徴から逸脱することなく、他の様々な形で実施することができる。そのため、前述の実施の形態は、あらゆる点で単なる例示に過ぎず、限定的に解釈してはならない。本発明の範囲は、特許請求の範囲によって示すものであって、明細書本文には、何ら拘束されない。更に、特許請求の範囲の均等範囲に属する全ての変形、様々な改良、代替および改質は、全て本発明の範囲内のものである。

10

【符号の説明】

【 0 0 7 6 】

1 a , 1 b 変調装置

2 a 復調装置

3 伝搬路

4 a , 4 b 情報処理装置

1 1 バイポーラコンパレータ

1 2 搬送波周波数生成器

1 3 ミキサ

20

1 4 バッファシグナル周波数生成器

1 5 マルチプレクサ

1 7 参照電圧源

2 1 , 4 1 振動子

4 2 搬送波周波数生成器

4 3 ミキサ

4 4 参照電圧源

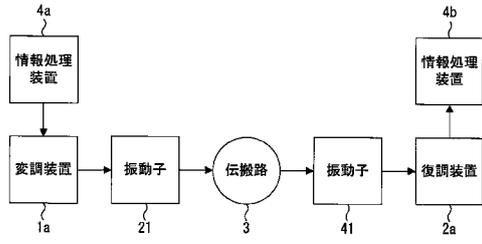
4 5 マルチプレクサ

4 6 L P F

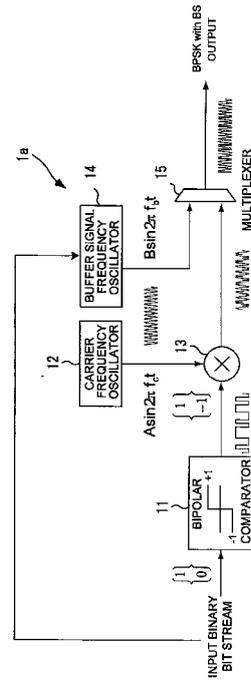
4 8 データ判定部

30

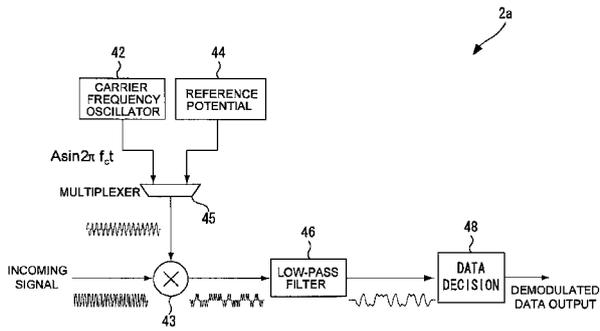
【 図 1 】



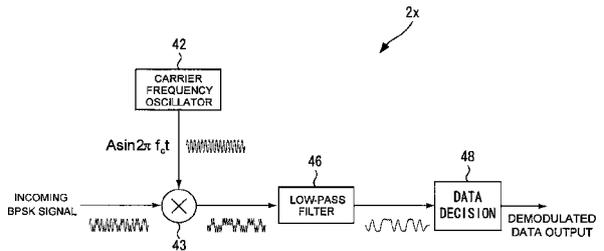
【 図 2 】



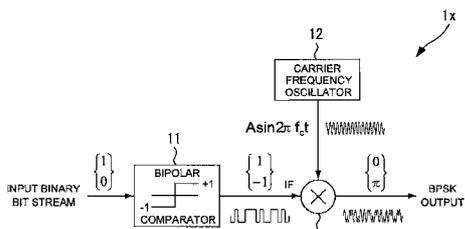
【 図 3 】



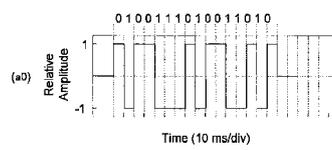
【 図 5 】



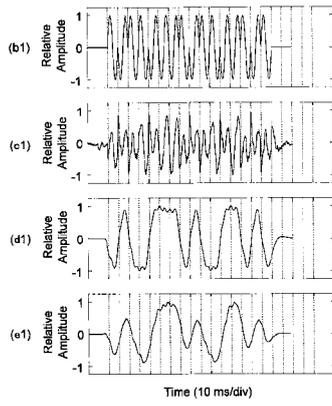
【 図 4 】



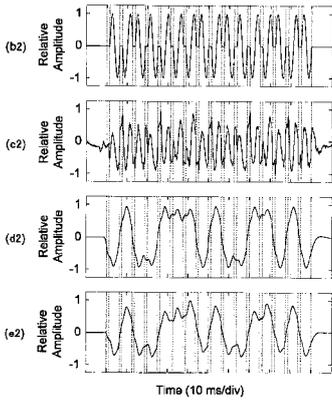
【 図 6 】



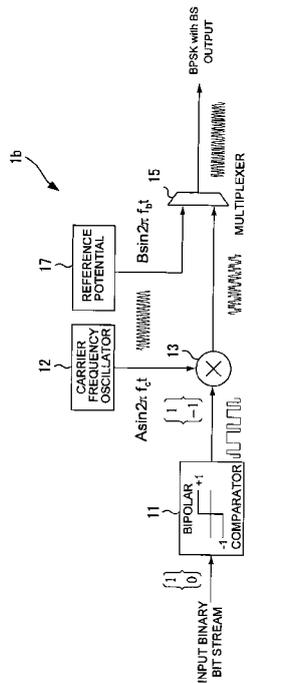
【 図 7 】



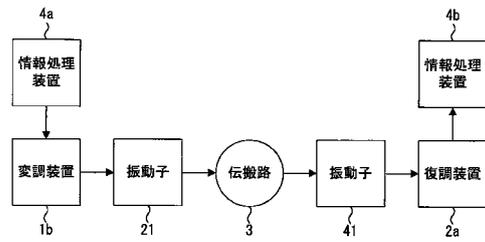
【 図 8 】



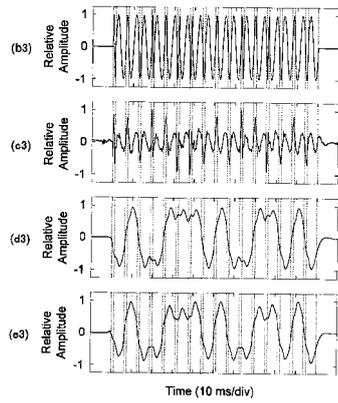
【 図 10 】



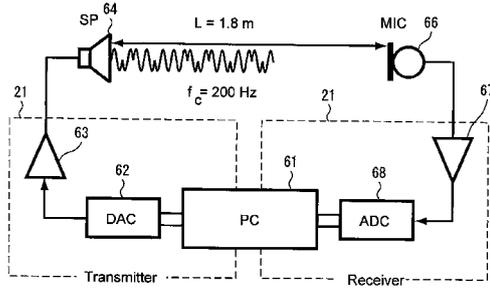
【 図 9 】



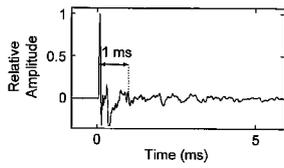
【 図 11 】



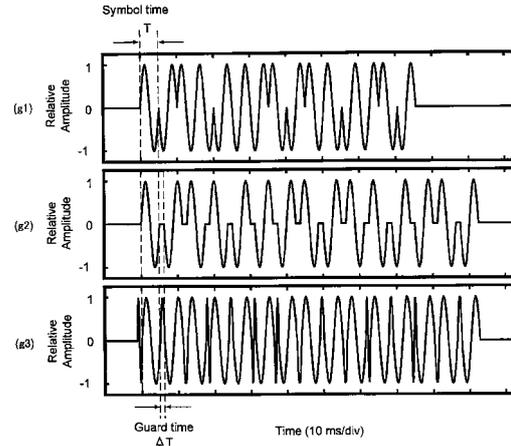
【 1 2 】



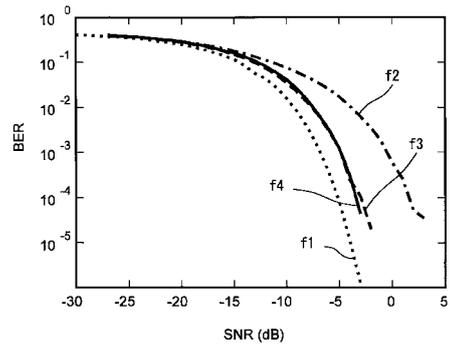
【 1 3 】



【 1 4 】



【 1 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭62-258575(JP,A)
特開昭61-191130(JP,A)
特開2003-179561(JP,A)
特開2003-143111(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04L 27/20
H04L 27/22